

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-365016

(P2002-365016A)

(43) 公開日 平成14年12月18日 (2002. 12. 18)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード <sup>*</sup> (参考)
G 0 1 B 11/00		G 0 1 B 11/00	G 2 F 0 6 4
	9/02		2 F 0 6 5
G 0 3 F 7/22		G 0 3 F 7/22	H 5 F 0 4 6
	9/00		H 5 F 0 5 6
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 4 1 L

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-172380(P2001-172380)

(22) 出願日 平成13年6月7日(2001. 6. 7)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 藤原 朋春

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人 100100413

弁理士 渡部 温 (外1名)

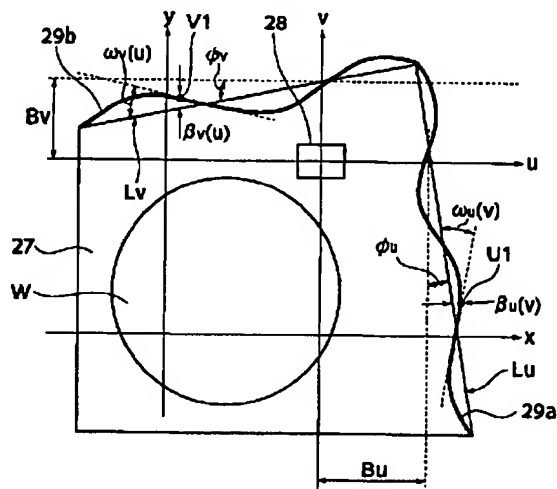
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 干渉計を用いた位置測定方法、干渉式位置測定装置、露光装置及び露光方法

(57) 【要約】

【課題】 より高精度な計測を行うことができる干渉計を用いた位置測定方法等を提供する。

【解決手段】 ウェハテーブル27上に定義された直交座標系に対し、鏡面29a、29bの曲線を最小二乗近似した直線を、それぞれ $L_u$ 、 $L_v$ とする。直線 $L_u$ 、 $L_v$ と座標軸 $u$ 、 $v$ とのなす角をそれぞれ $\phi_u$ 、 $\phi_v$ とし、座標軸 $u$ 、 $v$ との交点をそれぞれ $(B_u, 0)$ 、 $(0, B_v)$ とする。また、直線 $L_u$ 、 $L_v$ に対し、鏡面29a、29b上の点U1、V1との距離をそれぞれ $\beta_u(v)$ 、 $\beta_v(u)$ とし、点U1、V1の接線との角をそれぞれ $\omega_u(v)$ 、 $\omega_v(u)$ とする。このとき、鏡面29a、29bの方程式は、 $u = (\phi_u + \omega_u(v))v + B_u + \beta_u(v)$ 、 $v = (\phi_v + \omega_v(u))u + B_v + \beta_v(u)$ となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 移動する被測定物に干渉ビーム反射部材（ミラー）を配置し、

該ミラーに対向させて複数の干渉計を配置し、  
該複数の干渉計によって前記ミラーの位置を計測し、  
該複数の干渉計の計測結果から前記ミラーの歪み情報を得、該歪み情報に基づいて前記計測結果を補正しつつ、  
前記被測定物の位置や回転量を算出する干渉計を用いた位置測定方法であって、  
前記各干渉計の軸と前記ミラー表面との交点における該ミラー表面の局所的な歪み情報を取り込んで前記計測結果の補正を行うことを特徴とする干渉計を用いた位置測定方法。

【請求項2】 前記局所的な歪み情報として、前記ミラー表面の角度誤差をも取り込むことを特徴とする請求項1記載の干渉計を用いた位置測定方法。

【請求項3】 移動する被測定物に配置された干渉ビーム反射部材（ミラー）と、  
該ミラーに対向して配置された複数の干渉計と、  
該複数の干渉計の計測結果から前記ミラーの歪み情報を得、該歪み情報に基づいて前記計測結果を補正しつつ、  
前記被測定物の位置や回転量を算出する演算手段と、  
を具備する干渉式位置測定装置であって、  
前記複数の干渉計によって前記ミラーの位置を計測し、  
前記各干渉計の軸と前記ミラー表面との交点における該ミラー表面の局所的な歪み情報を取り込んで前記計測結果の補正を行うことを特徴とする干渉式位置測定装置。

【請求項4】 感応基板等を載置するステージ及び露光光学系を備える露光装置であって、  
前記ステージに配置された干渉ビーム反射部材（ミラー）と、  
該ミラーに対向させて配置された複数の干渉計と、  
該複数の干渉計の計測結果から前記ミラーの歪み情報を得、該歪み情報に基づいて前記計測結果を補正しつつ、  
前記被測定物の位置や回転量を算出する演算手段と、  
を具備し、  
前記各干渉計の軸と前記ミラー表面との交点における該ミラー表面の局所的な歪み情報を取り込んで前記計測結果の補正を行うことを特徴とする露光装置。

【請求項5】 所望のデバイスパターンを感応基板上に形成する露光方法であって、  
前記感応基板を載置するステージ等に干渉ビーム反射部材（ミラー）を配置し、  
該ミラーに対向させて複数の干渉計を配置し、  
該複数の干渉計によって前記ミラーの位置を計測し、  
該複数の干渉計の計測結果から前記ミラーの歪み情報を得、該歪み情報に基づいて前記計測結果を補正しつつ、  
前記被測定物の位置や回転量を算出し、該算出結果に基づいて前記ステージを制御しつつ、露光を行う露光方法であって、

前記各干渉計の軸と前記ミラー表面との交点における該ミラー表面の局所的な歪み情報を取り込んで前記計測結果の補正を行うことを特徴とする露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体集積回路等のリソグラフィーに用いられる露光装置、露光方法に関する。また、露光装置のステージ位置等を計測する干渉計を用いた位置測定方法等に関する。特に、ミラーの歪みを補正し、より精度の高い測定を行うことができる干渉計を用いた位置測定方法等に関する。

【0002】

【従来の技術】電子線露光装置を用いて、半導体デバイスパターンをウェハ（感応基板）上に形成する手法の一つとして、このデバイスパターンを多数の小パターン領域（サブフィールド）に分割し、ウェハにこのサブフィールドのパターンを一括的に転写する方式がある。この方式においては、原版パターンとして用いるマスクの一例として、電子ビームの通る孔を多数有するステンスルマスクが用いられる。前記孔の形状は、転写すべきパターンの個別要素図形の形状に対応している。このステンスルマスクを電子光学系中に配置し、マスクを通過した電子ビームをウェハ上に投影する。その際、電子ビームを偏向させる、あるいは、マスクステージやウェハステージを移動させるなどして、マスク上の各サブフィールドに順次電子ビームを照明し、ウェハ上に各サブフィールドのパターンを一括的に転写する。そして、ウェハ上では、各サブフィールドのパターンの像を繋ぎ合わせるにより、デバイスパターン全体を転写する。

【0003】ここで、分割されたサブフィールドの像をウェハ上において高精度でつなぎ合わせるためには、マスクステージやウェハステージを高精度で位置合せをしなければならない。

【0004】この位置計測は、マスクステージやウェハステージ等に設けられたミラー（干渉計の反射鏡）に向けてレーザ光を射出し、ミラーからの反射光と射出光とを干渉させる、いわゆる干渉式位置測定装置により行われる。特に、マスクステージ上における照明ビームの照射位置や、ウェハステージにおける投影ビームの投影位置を正確に計測するため、各ステージの位置や回転量（Yawing、Pitching、Rolling）等を計測できるような複数本の干渉計軸を持つ装置が用いられる。

【0005】ところで、干渉計システムを大気中で使用した場合には、空気揺らぎから干渉計光路に誤差が生じる。ただし、電子線露光装置の干渉計システムは、マスクステージ、ウェハステージが通常真空容器内にあるため、干渉計システムの光路をこの容器内に入れることで、この空気揺らぎの問題は解消される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、露光装置の干渉計システムには、さらにミラーの面精度不良や、各干渉計の計測値からステージの位置や回転量を算出するための近似計算式の不備等から誤差が生じる。

【0007】そこで、最近では、ミラーの歪みを予め計測して位置測定値を補正する方法がある。現在提案されている位置方法によれば、マスクステージやウェハステージ等に設けられたミラー面上の複数点の位置計測を行なって計測値を外挿することでミラー面の理想平面からの位置ずれ（外装線の傾きを含む）を求め、この値を位置・回転量を算出する計算に取り込むことで、計測誤差の軽減を図る方法である。しかし、この方法でも、ミラーの局所的な歪みが例えば $10\mu\text{rad}$ 程度生じると、干渉計の読み値には、数 $\sim 10$ 数 $\text{nm}$ の差異が生じる。

【0008】本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであって、ミラーの歪みを補正し、より高精度な位置測定を行うことができる干渉計を用いた位置測定方法等を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明の干渉計を用いた位置測定方法は、移動する被測定物に干渉ビーム反射部材（ミラー）を配置し、該ミラーに対向させて複数の干渉計を配置し、該複数の干渉計によって前記ミラーの位置を計測し、該複数の干渉計の計測結果から前記ミラーの歪み情報を得、該歪み情報に基づいて前記計測結果を補正しつつ、前記被測定物の位置や回転量を算出する干渉計を用いた位置測定方法であって、前記各干渉計の軸と前記ミラー表面との交点における該ミラー表面の局所的な歪み情報を取り込んで前記計測結果の補正を行うことを特徴とする。

【0010】干渉計のミラーの歪み情報のうち、従来の理想平面からの位置ずれだけでなく、例えば、ミラー表面の角度誤差等の局所的な歪み誤差を考慮して、マスクステージあるいはウェハステージ等の位置や各種回転量（Yawing、Pitching、Rolling）の計算を行うので、より精度の高い測定を行うことができる。

【0011】前記干渉計を用いた位置測定方法においては、前記局所的な歪み情報として、前記ミラー表面の角度誤差をも取り込むことが好ましい。

【0012】本発明の干渉式位置測定装置は、移動する被測定物に配置された干渉ビーム反射部材（ミラー）と、該ミラーに対向して配置された複数の干渉計と、該複数の干渉計の計測結果から前記ミラーの歪み情報を得、該歪み情報に基づいて前記計測結果を補正しつつ、前記被測定物の位置や回転量を算出する演算手段と、を具備する干渉式位置測定装置であって、前記複数の干渉計によって前記ミラーの位置を計測し、前記各干渉計の軸と前記ミラー表面との交点における該ミラ

ー表面の局所的な歪み情報を取り込んで前記計測結果の補正を行うことを特徴とする。

【0013】本発明の露光装置は、感応基板等を載置するステージ及び露光光学系を備える露光装置であって、前記ステージに配置された干渉ビーム反射部材（ミラー）と、該ミラーに対向させて配置された複数の干渉計と、該複数の干渉計の計測結果から前記ミラーの歪み情報を得、該歪み情報に基づいて前記計測結果を補正しつつ、前記被測定物の位置や回転量を算出する演算手段と、を具備し、前記各干渉計の軸と前記ミラー表面との交点における該ミラー表面の局所的な歪み情報を取り込んで前記計測結果の補正を行うことを特徴とする。

【0014】本発明の露光方法は、所望のデバイスパターンを感応基板上に形成する露光方法であって、前記感応基板を載置するステージ等に干渉ビーム反射部材（ミラー）を配置し、該ミラーに対向させて複数の干渉計を配置し、該複数の干渉計によって前記ミラーの位置を計測し、該複数の干渉計の計測結果から前記ミラーの歪み情報を得、該歪み情報に基づいて前記計測結果を補正しつつ、前記被測定物の位置や回転量を算出し、該算出結果に基づいて前記ステージを制御しつつ、露光を行う露光方法であって、前記各干渉計の軸と前記ミラー表面との交点における該ミラー表面の局所的な歪み情報を取り込んで前記計測結果の補正を行うことを特徴とする。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しつつ説明する。まず、本発明の実施の形態に係る電子線露光装置の概要を図面を参照しつつ説明する。なお、本発明は、電子線等の荷電粒子線をエネルギー線に用いる露光技術に限定されるわけではなく、紫外線やX線等を用いる露光にも適用できるが、ここでは、電子線露光を例にとりて説明する。また、以下では、レチクル転写露光方式の場合で説明を進めるが、本発明の基本的手法は、レチクルを用いずに直接露光する方式にも適用される。

【0016】図2は、本発明の実施の形態に係る露光装置を模式的に示す図である。図2に示す電子線露光装置の上部には、光学鏡筒（真空チャンバ）1が示されている。光学鏡筒1には真空ポンプ2が接続されており、光学鏡筒1内を真空排気している。

【0017】光学鏡筒1の上部には、電子銃3が配置されており、下方に向けて電子線を放射する。電子銃3の下方には、コンデンサレンズ4や電子線偏向器5等を含む照明光学系、及びマスクMが配置されている。電子銃3から放射された電子線は、コンデンサレンズ4によって収束される。続いて、偏向器5により図の横方向に順次走査（スキャン）され、光学系の視野内にあるマスクMの各小領域（サブフィールド）の照明が行われる。なお、図ではコンデンサレンズ4は一段であるが、実際に

は、照明光学系には数段のレンズやビーム成形開口等が設けられている。

【0018】マスクMは、マスクステージ11の上部に設けられたチャック10に静電吸着等により固定されている。マスクステージ11は、定盤16に載置されている。マスクステージ11の端面の2箇所には、図示せぬミラーが設置されている。ミラーの外側の側面は高精度に研磨されており、レーザ干渉計13の反射面として利用される。

【0019】マスクステージ11には、図の左方に示す駆動装置12が接続されている。駆動装置12は、ドライバ14を介して、制御装置15に接続されている。また、マスクステージ11の側方（図の右方）には、例えば、レーザ干渉計13が設置されている。レーザ干渉計13は、制御装置15に接続されている。

【0020】定盤16の下方には、ウェハチャンバ（真空チャンバ）21が示されている。ウェハチャンバ21の側方（図の右側）には、真空ポンプ22が接続されており、ウェハチャンバ21内を真空排気している。ウェハチャンバ21内には、上方からコンデンサレンズ（投影レンズ）24や偏向器25を含む投影光学系、及びウェハWが配置されている。

【0021】マスクMを通過した電子線は、コンデンサレンズ24により収束される。コンデンサレンズ24を通過した電子線は、偏向器25により偏向され、ウェハW上の所定の位置にマスクMの像が結像される。なお、図ではコンデンサレンズ24は一段であるが、実際には、投影光学系中には複数段のレンズや収差補正用のレンズやコイルが設けられている。

【0022】ウェハWは、詳しくは図3を参照して後述するが、ウェハステージ31の上部に設けられたウェハテーブル27に固定されている。ウェハステージ31は、定盤36に載置されている。

【0023】ウェハステージ31には、図の左方に示す駆動装置32が接続されている。駆動装置32は、ドライバ34を介して、制御装置15に接続されている。また、ウェハステージ31の側方（図の右方）には、例えば、レーザ干渉計33が設置されている。レーザ干渉計33は、制御装置15に接続されている。

【0024】制御装置15には、レーザ干渉計13、33で計測されたマスクステージ11、ウェハステージ31の正確な位置情報を計測する計測部15aと、位置情報から種々の演算（詳しくは図1を参照して後述）を行う演算部15bと、演算結果からステージを制御する指令をドライバ14、34に伝送する指令部15cと、が設けられている。

【0025】マスクステージ11、ウェハステージ31の正確な位置情報がレーザ干渉計13、33で計測されると、制御装置15の計測部15aに入力される。この位置情報から演算部15bで種々の演算がなされ、ステ

ージの位置を目標位置とすべく、制御装置15の指令部15cからドライバ14、34に指令が送出され、駆動装置12、32が駆動される。その結果、マスクステージ11、ウェハステージ31の位置をリアルタイムで正確にフィードバック制御することができる。

【0026】図3は、本発明の実施の形態に係る露光装置のウェハテーブルの構成を示す斜視図である。図3には、ウェハWを載置するウェハテーブル27が示されている。ウェハテーブル27上には、図示はしていないが、静電チャック等のウェハ保持装置があり、ウェハWを固定している。ウェハテーブル27の端面の2箇所には、ミラー29a、29bが設置されている。ミラー29a、29bの外側の側面は高精度に研磨されており、図2に示したレーザ干渉計33の反射面として利用される。

【0027】次に、上述のウェハテーブルに設けられたミラーの位置や回転量を計測する方法について説明する。ここでは、簡単のため、2次元平面における計測方法を説明する。

【0028】以下の説明においては、次の手順で説明していく。

（1）ウェハテーブル上に、マークプレート28上のマークを原点とする直交座標系（ $u$ 、 $v$ ）と、露光光学系中心位置を原点とする干渉計座標系（ $x$ 、 $y$ ）を定義する。

（2）直交座標系（ $u$ 、 $v$ ）において、ミラーのある点での方程式を求める。このとき、方程式にミラーの局所的な曲がり角 $\phi_u + \omega_u (v_1)$ 、 $\phi_v + \omega_v (u_1)$ を盛り込む。

（3）上記の方程式に、ウェハテーブルの回転誤差を盛り込む。

（4）上記の方程式を干渉計座標系（ $x$ 、 $y$ ）に換算する。

（5）上記の方程式に、4本の干渉計軸とそれぞれのミラーとの交点を代入し、交点の座標値（ $x_1$ 、 $x_2$ 、 $y_1$ 、 $y_2$ ）を算出する。

（6）干渉計座標系（ $x$ 、 $y$ ）において、ミラーが回転した際の干渉計の光路長を求める。

（7）上記の光路長に、上記の座標の値（ $x_1$ 、 $x_2$ 、 $y_1$ 、 $y_2$ ）を代入する。

（8）干渉計の計測値を上式に代入して最終的な露光目標位置を求め、ウェハテーブルをその位置に制御する。

【0029】図1は、ウェハテーブルに設けられたミラーの位置や回転量を計測する方法を説明するための図である。図1には、図2に示したウェハテーブル27が示されている。ウェハテーブル27の中央付近には、ウェハW（図2参照）が示されている。ウェハWの脇には、マークプレート28が示されている。ウェハテーブル27の図の右側の端面と上側の端面には、ミラー29a、29bの外側の側面（以下、ミラー面29a、29bと

呼ぶ)が模式的に示されている。ミラー面29a、29bにわずかな歪みがあり、この実施の形態の図では大袈裟に示してある。

【0030】図1のウェハテーブル27上には、ウェハテーブル27上に設けられたマークプレート28の中心を原点とする直交座標系(u, v)と、露光光学系中心位置を原点とする干渉計座標系(x, y)が示されている。

【0031】図1において、ウェハテーブル27上に定義された直交座標系に対し、ミラー面29a、29bの曲線を最小二乗近似した直線を、それぞれL<sub>u</sub>、L<sub>v</sub>とする。なお、この直線が従来の干渉計を用いた位置測定方法で用いられていた外挿線である。直線L<sub>u</sub>、L<sub>v</sub>と座標軸u、vとのなす角をそれぞれφ<sub>u</sub>、φ<sub>v</sub>とし、座標軸

u、vとの交点をそれぞれ(B<sub>u</sub>, 0)、(0, B<sub>v</sub>)とする。また、直線L<sub>u</sub>、L<sub>v</sub>に対し、ミラー面29a、29b上のある点(例えば、点U1、V1)との距離をそれぞれβ<sub>u</sub>(v)、β<sub>v</sub>(u)とし、ミラー面29a、29b上の点U1、V1の接線との角をそれぞれω<sub>u</sub>(v)、ω<sub>v</sub>(u)とする。ただし、ミラー面29a、29bの歪みは実際には微小であり、φ<sub>u</sub>、φ<sub>v</sub>、ω<sub>u</sub>(v)、ω<sub>v</sub>(u)は十分小さい値となる。また、φ<sub>u</sub>はv軸からL<sub>u</sub>に測り、ω<sub>u</sub>はL<sub>u</sub>から反射面に測り、φ<sub>v</sub>はL<sub>v</sub>からu軸に測り、ω<sub>v</sub>は反射面からL<sub>v</sub>に測り、時計回り方向を正方向とする。

【0032】このとき、ミラー面29a、29bの方程式は、

【数1】

$$\text{【数2】} \quad u = \tan(\phi_u + \omega_u(v))v + B_u + \beta_u(v)$$

で表される。

$$v = \tan(\phi_v + \omega_v(u))u + B_v + \beta_v(u)$$

【0033】ここで、曲がり角(歪み)(φ<sub>u</sub>+ω<sub>u</sub>(v))及び(φ<sub>v</sub>+ω<sub>v</sub>(u))は十分小さな値であるので、数1、数2は、以下のように近似できる。

【数3】

$$\text{【数4】} (\phi_u + \omega_u(v))v + B_u + \beta_u(v)$$

【0034】続いて、数3、数4にB<sub>u</sub>、B<sub>v</sub>とβ<sub>u</sub>(v)、β<sub>v</sub>(u)の回転誤差を盛り込む。ここで、直交座標系(u, v)におけるウェハW上の露光位置(干渉計座標系(x, y)の原点)の座標を(u<sub>s</sub>, v<sub>s</sub>)とし、ウェハテーブル27の回転量を示す行列をRとすると、

【数5】

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = R \begin{pmatrix} u - u_s \\ v - v_s \end{pmatrix}$$

となる。

【0035】ここで、ウェハテーブル27の回転量をθとすると、

【数6】

$$R = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix}$$

であるので、これを数5に代入すると、

【数7】

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u - u_s \\ v - v_s \end{pmatrix}$$

となる。

【0036】また、数5を変形すると、

【数8】

$$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = R^{-1} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} u_s \\ v_s \end{pmatrix}$$

となる。数8に数5を代入すると、

【数9】

$$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} u_s \\ v_s \end{pmatrix}$$

となる。

【0037】ここで、マクローリンの定理より、

【数10】

$$\cos\theta = 1 - \frac{\theta^2}{2} + \frac{\theta^4}{4!} - \dots$$

【数11】

$$\sin\theta = \theta - \frac{\theta^3}{3!} + \frac{\theta^5}{5!} - \dots$$

であり、実際には、θは微小であるので、3次以上の項を省略すると、

【数12】

$$\text{【数13】} \quad \cos\theta = 1 - \theta^2/2$$

となる。

$$\sin\theta = \theta$$

【0038】数12、数13を数9に代入すると、数9は以下のように近似できる。

【数14】

$$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - \theta^2/2 & \theta \\ -\theta & 1 - \theta^2/2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} u_s \\ v_s \end{pmatrix}$$

【0039】数14を数3、数4に代入すると、

【数15】

$$\{1 - \theta^2/2 + \theta(\phi_u + \omega_u(v))\}x + \{\theta - \phi_u - \omega_u(v)\}y + u - v(\phi_u + \omega_u(v)) - (B_u + \beta_u(v)) = 0$$

【数16】

$$\{\phi_v - \omega_v(u) - \theta\}x + \{1 - \theta^2/2 - \theta(\phi_v + \omega_v(u))\}y + v - u(\phi_v + \omega_v(u)) - (B_v + \beta_v(u)) = 0$$

となる。

【0040】続いて、干渉計軸とミラーとの交点について説明する。図4は、干渉計軸のレイアウト例を示す図である。図4には、ウェハテーブル27（図1、図2参照）が模式的に示されている。ウェハテーブル27上には、干渉計座標系（x, y）が示されている。ウェハテーブル27には、マークプレート28が示されている。マークプレート28上には、直交座標系（u, v）が示されており、直交座標系（u, v）は干渉計座標系（x, y）から $\theta$ だけ傾きを持っている。ウェハテーブル27の端面の2箇所には、ミラー面29a、29b

（図2参照）が示されている。

【0041】ミラー面29a、29bには、それぞれレーザ干渉計33（図2参照）から2本ずつのレーザ光が照射されている。各々の干渉計軸（レーザ光の光軸）とミラー面29a、29bとの交点を、それぞれX1（ $x_1, -a/2$ ）、X2（ $x_2, a/2$ ）、Y1（ $-a/2, y_1$ ）、Y2（ $a/2, y_2$ ）とする。

【0042】ここで、数15にX1を代入して変形すると、

【数17】

$$x_1 = \{1 + \theta^2/2 - \theta(\phi_u + \omega_u(v_1))\}[(\theta - \phi_u - \omega_u(v_1))a/2 - u + v(\phi_u + \omega_u(v_1)) + (B_u + \beta_u(v_1))]$$

となる。

【0043】ここで、

【数18】

$$\begin{aligned} \phi_{u1} &= \phi_u + \omega_u(v_1) \\ x_1 &= \{1 + \theta^2/2 - \theta\phi_{u1}\}[(\theta - \phi_{u1})a/2 - u + v\phi_{u1}] + B_{u1} \end{aligned}$$

【数19】

とおくと、数17は、

【数20】

となり、さらに変形すると、

【数21】

となる。  $x_1 = (\theta - \phi_{u1})a/2 + v\phi_{u1} + (B_{u1} - u)$   $(1 + \theta^2/2 - \theta\phi_{u1})$

【0044】ここで、数15にX2を、数16にY1、

【数22】

$$x_2 = -(\theta - \phi_{u2})a/2 + v\phi_{u2} + (B_{u2} - u)(1 + \theta^2/2 - \theta\phi_{u2})$$

【数23】

$$y_1 = -(\theta - \phi_{v1})a/2 + u\phi_{v1} + (B_{v1} - v)(1 + \theta^2/2 - \theta\phi_{v1})$$

【数24】

となる。  $y_2 = (\theta - \phi_{v2})a/2 + u\phi_{v2} + (B_{v2} - v)$   $(1 + \theta^2/2 - \theta\phi_{v2})$

【0045】ここで、干渉計座標系（x, y）において、ミラーが回転した際の干渉計の光路長を求める。図5は、ミラーが回転した際の干渉計の光路長を求めるための図である。図5には、特開平11-44503に開示したようなコーナーキューブを用いた干渉式位置測定装置の光路が示されている。図5には、X方向の偏光方位を有するp偏光を透過させ、Y方向の偏光方位を有するs偏光を反射する特性を有する偏光ビームスプレッタ

（図1参照）と、直角二等辺三角形で示すコーナーキューブプリズム102と、フレネルロム等の光学素子からなる1/4波長板103と、が示されている。図5には、また、ウェハテーブルのミラー面29aが模式的に示されており、レーザ干渉計33（図2、図4参照）の干渉位置が破線で示されている。光源から入射されるレーザ光をレーザ光 $L_0$ とし、レーザ干渉計33で測定される反射レーザ光を反射レーザ光 $L_1$ とする。

【0046】図5において、偏光ビームスプレッタ10

1にレーザ光 $L_a$ が入射されると、p偏光が透過される。このp偏光の光111は、波長板103を介して円偏光112の光となり、ミラー面29aに当たる。ミラー面29aで反射された円偏光の光113は、波長板103を介してs偏光114となり、偏光ビームスプレッタ101に戻る。この光114はs偏光であるので、光114は偏光ビームスプレッタ101で反射され、図の上方に進む(光115)。この光115は、コーナーキューブプリズム102に入射され、コーナーキューブプリズム102内で2回反射された後、図の下方に反射される(光116)。この光116はs偏光であるので、光116は偏光ビームスプレッタ101で反射され、図の左方に進む(光117)。このs偏光の光117は、波長板103を介して円偏光118の光となり、ミラー面29aに当たる。ミラー面29aで反射された円偏光の光119は、波長板103を介してp偏光120となり、偏光ビームスプレッタ101に戻る。この光120はp偏光であるので、光120は偏光ビームスプレッタ101を透過し、図の右方に進む(反射レーザ光 $L_b$ )。

【0047】ここで、ミラー面29aは、干渉座標系のy軸に対して $\Theta$ だけ傾いているとする。レーザ干渉計33からミラー面29aの点 $X_a$ に向けて、レーザ光 $L_a$ 、光111、112がx軸と平行に照射されると、ミラー面29aの点 $X_a$ に当たって反射したレーザ光113'

は、x軸と $2\Theta$ の角度を持って反射される。その後、このレーザ光113'は、上述したように、偏光ビームスプレッタ101やコーナーキューブプリズム102等を介して、干渉計33に到達する。

【0048】ここで、干渉計の光路長を $X_1$ 、露光位置(x軸とy軸の原点)からミラー面29aの点 $X_1$ までの距離を $x_1$ 、露光位置から干渉計33の干渉位置までの距離を $L_x$ とすると、

【数25】

$$\text{となる。 } X_1 = 4(L_x - x_1)(1 - \Theta^2)$$

【0049】ここで、 $\Theta$ には、ウェハテーブルの回転誤差 $\theta$ とミラーの局所的な曲がり角 $\phi_{u1}$ 、 $\phi_{v1}$ が含まれる。そのため、 $X_a$ が図4に示した $X_1$ である場合には、

【数26】

$$\text{となる。 } \Theta = \theta + \phi_{u1}$$

【0050】数26を数25に代入して、

【数27】

となる。 $X_1 = 4(L_x - x_1)(1 - (\theta + \phi_{u1})^2)$ と、

【数28】

$$X_1/4 = L_x(1 - (\theta + \phi_{u1})^2) - (\theta - \phi_{u1})a/2 - v_u \phi_{u1} - (B_u - u_u)(1 + \theta^2/2 - \theta \phi_{u1} - (\theta + \phi_{u1})^2)$$

となる。

【0051】さらに、 $X_a$ が図4の $X_2$ 、 $Y_1$ 、 $Y_2$ で

ある場合には、同様に計算して、それぞれ、

【数29】

$$X_2/4 = L_x(1 - (\theta + \phi_{u2})^2) - (\theta - \phi_{u2})a/2 - v_u \phi_{u2} - (B_u - u_u)(1 + \theta^2/2 - \theta \phi_{u2} - (\theta + \phi_{u2})^2)$$

【数30】

$$Y_1/4 = L_y(1 - (\theta + \phi_{v1})^2) - (\theta - \phi_{v1})a/2 - v_v \phi_{v1} - (B_v - v_v)(1 + \theta^2/2 - \theta \phi_{v1} - (\theta + \phi_{v1})^2)$$

【数31】

$$Y_2/4 = L_y(1 - (\theta + \phi_{v2})^2) - (\theta - \phi_{v2})a/2 - v_v \phi_{v2} - (B_v - v_v)(1 + \theta^2/2 - \theta \phi_{v2} - (\theta + \phi_{v2})^2)$$

となる。

【0052】上述の数28～数31を用いて、干渉計の読み値( $X_1$ 、 $X_2$ 、 $Y_1$ 、 $Y_2$ )を代入するとともに、 $\theta$ 、 $u_a$ 、 $v_a$ を解くことにより、( $L_x$ 、 $L_y$ )の値を求めてウェハステージ27を露光位置に制御することができる。

【0053】ここで、上述の数28～数31はレーザ光の当たる位置での局所的なミラーの歪みを考慮したものであり、上式には既に局所的な曲がり角のパラメータが

$u$ 、 $v$ の関数として取り込まれているため、計測時のミラーとレーザ光との交点の位置は一義的には決まらない。これに関しては、以下の方法で近似的に解決できる。

【0054】ステージを連続移動させる時などの干渉計情報を短周期で読み出す場合には、直前の位置情報から得られる予想位置でのミラー曲がり角 $\phi_{u1}$ 、 $\phi_{v1}$ を用いる。これにより、レーザ光の予想位置は、真の値に対して数10nm内の精度で得られ、ミラーの曲がり周期がせ

いざい数 $10\mu\text{m}$ 程度以上であれば十分な精度を得ることができる。

【0055】 上述のように、干渉計の計測式（数28～数31）にミラーの局所的な曲がり角 $\phi_{ui}$ 、 $\phi_{vi}$ を盛り込むことで、計測精度を飛躍的に向上させることができる。

【0056】 この実施の形態では、2次元に関して説明したが、当然3次元に干渉計軸をレイアウトした場合にもミラーの局所的な曲がり角を考慮することで精度を向上できる。また、この実施の形態においては、ウェハテーブルに設けたミラーの計測を行う例を示したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば、鏡筒等に固定された固定鏡筒を計測する場合にも適応できる。

【0057】 以上図1～図5を参照しつつ、本発明の実施の形態に係る干渉計を用いた位置測定方法等について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、様々な変更を加えることができる。

【0058】

【発明の効果】 以上の説明から明らかなように、本発明によれば、ミラーの歪みを補正し、より高精度な計測を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 ウェハテーブルに設けられたミラーの位置や回転量を計測する方法を説明するための図である。

【図2】 本発明の実施の形態に係る露光装置を模式的に示す図である。

【図3】 本発明の実施の形態に係る露光装置のウェハテーブルの構成を示す斜視図である。

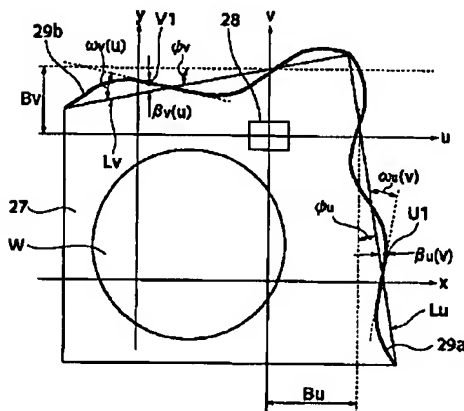
【図4】 干渉計軸のレイアウト例を示す図である。

【図5】 ミラーが回転した際の干渉計の光路長を求めるための図である。

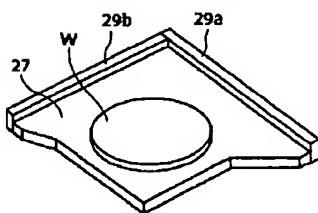
【符号の説明】

W ウェハ  
27 ウェハテーブル  
28 マークプレート  
29a、29b ミラー、ミラー面

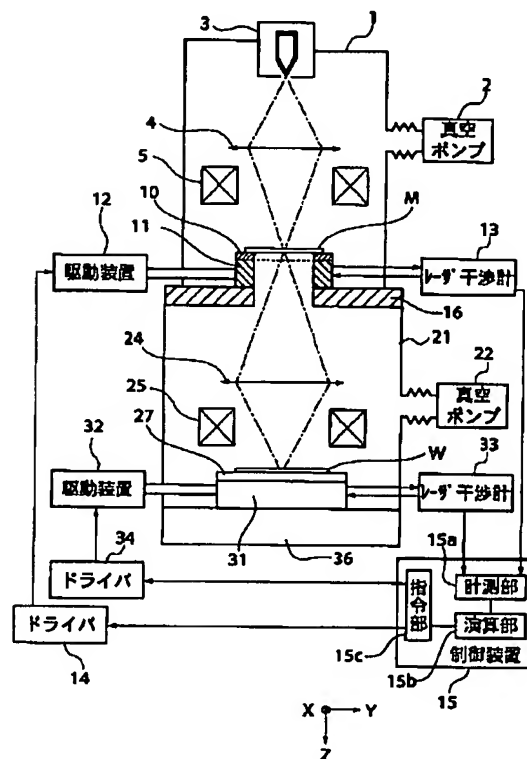
【図1】



【図3】

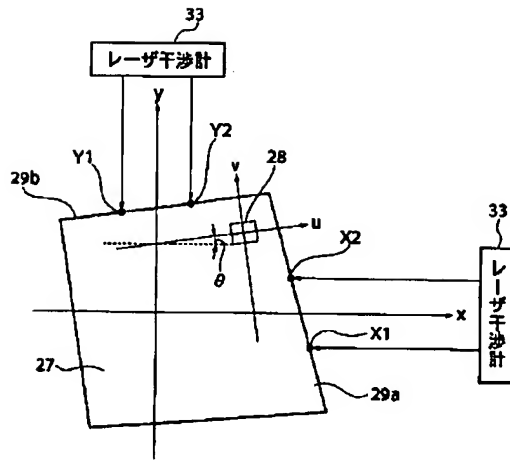


【図2】

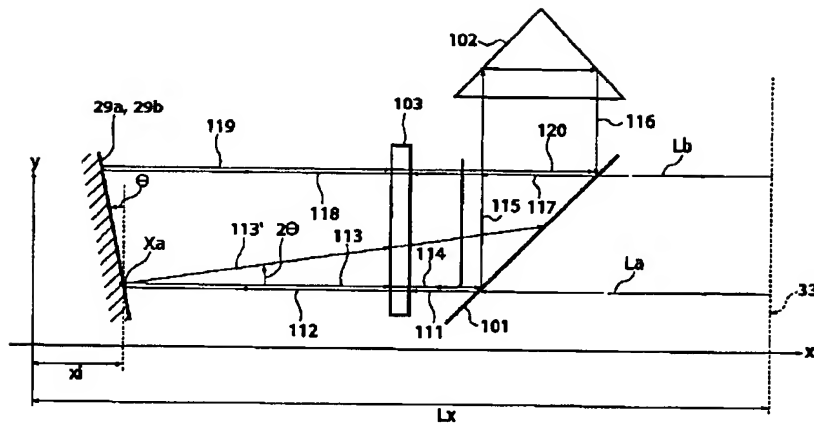




【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

テーマコード (参考)

H 0 1 L 21/30

5 0 3 Z

F ターム (参考) 2F064 AA02 BB01 CC10 FF01 GG12  
GG15 GG23 GG37  
2F065 AA03 AA07 AA31 BB03 BB24  
BB27 CC20 FF51 GG04 HH04  
LL04 LL12 LL17 LL33 LL37  
LL47 MM03 MM04 PP12 PP22  
QQ03 QQ18 QQ21 QQ23 UU01  
5F046 CC03 CC16 DA07 DB05  
5F056 BA10 BB10 CB22 EA14

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-365016

(43)Date of publication of application : 18.12.2002

(51)Int.Cl.

G01B 11/00

G01B 9/02

G03F 7/22

G03F 9/00

H01L 21/027

(21)Application number : 2001-172380

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 07.06.2001

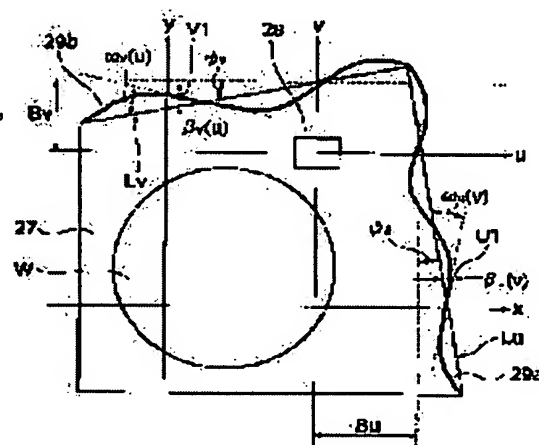
(72)Inventor : FUJIWARA TOMOHARU

(54) POSITION MEASUREMENT METHOD USING INTERFEROMETER, INTERFERENCE TYPE POSITION MEASUREMENT APPARATUS, ALIGNER AND EXPOSURE METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a position measurement method using an interferometer capable of performing more accurate measurement.

SOLUTION: On a rectangular coordinates defined on a wafer table 27, straight lines approximating the curves of mirror surfaces 29a and 29b by least square method are let  $L_u$  and  $L_v$ . The angles of the lines  $L_u$  and  $L_v$  to the coordinate axes  $u$  and  $v$  are let  $\psi_u$  and  $\psi_v$  and the intersection at the axes  $u$  and  $v$  are let  $(B_u, 0)$ ,  $(0, B_v)$ . Also the distance from the points  $U_1$  and  $V_1$  on the mirror surface 29a and 29b to the lines  $L_u$  and  $L_v$  are let  $\beta_u(v)$  and  $\beta_v(u)$ , respectively and the angles to the tangent lines of points  $U_1$  and  $V_1$  are let  $\omega_u(v)$  and  $\omega_v(u)$ . Then, the equations of the mirror surfaces 29a and 29b become  $u=(\psi_u+\omega_u(v))v+B_u+\beta_u(v)$ ,  $v=(\psi_v+\omega_v(u))u+B_v+\beta_v(u)$ .



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]